

S/N 10/031,031

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: COULOMBE et al. Examiner: Hwa S. Lee
Serial No.: 10/031,031 Group Art Unit: 2877
Filed: 23 April 2002 Docket No.: 09555.0125USWO
Title: METHOD AND SYSTEM FOR MEASURING THE RELIEF OF AN
OBJECT

CERTIFICATE UNDER 37 CFR 1.8:

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail, with sufficient postage, in an envelope addressed to: Issue Fee, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on 24 January 2006.

By: 

Name: Casey Caron

COMMUNICATION REGARDING SUBMISSION OF PRIORITY
DOCUMENT(S)

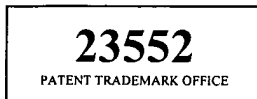
Mail Stop Issue Fee
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants enclose herewith one certified copy of a Canadian application, Serial No. 2,277,855, filed 14 July 1999, the right of priority of which is claimed under 35 U.S.C. § 119. We note that the priority document has already been submitted by the International Bureau.

Respectfully submitted,

MERCHANT & GOULD P.C.
P.O. Box 2903
Minneapolis, Minnesota 55402-0903
(612) 332-5300



Dated: 24 January 2006

GAS/cjc

By 

Gregory A. Sebald
Reg. No. 33,280



Office de la propriété
intellectuelle
du Canada

Un organisme
d'Industrie Canada

Canadian
Intellectual Property
Office

An Agency of
Industry Canada

*Bureau canadien
des brevets
Certification*

*Canadian Patent
Office
Certification*

La présente atteste que les documents
ci-joints, dont la liste figure ci-dessous,
sont des copies authentiques des docu-
ments déposés au Bureau des brevets.

This is to certify that the documents
attached hereto and identified below are
true copies of the documents on file in
the Patent Office.

Mémoire descriptif de la demande de brevet no: 2,277,855, tels que déposés, le 14 juillet
1999, par **SOLVISION**, cessionnaire de Alain Coulombe et Michel Cantin, Alexandre
Nikitine, ayant pour titre: "Méthode et Système de Mesure de la Hauteur des Billes de
Soudure d'un Circuit Imprimé".

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Sylvie G. Gagnon
Agent certificateur/Certifying Officer
6 janvier 2006

Date

Canada

(CIPO 68)
31-03-04

OPIC  CIPO

PRÉCIS DE LA DESCRIPTION

Une méthode et un système pour mesurer la hauteur des billes de soudure d'un circuit imprimé sont décrits. Le système

5 comprend une unité d'acquisition d'images ainsi qu'une unité de traitement de ces images sous la forme d'un ordinateur. Selon une concrétisation préférentielle de la méthode consiste à projeter une grille sur la surface comprenant les billes de soudure et à prendre quatre images des billes correspondant à des décalages spatiales de la grille.

10 Ces décalages sont choisis de façon à obtenir des images déphasées de 90 degrés l'une par rapport à l'autre. Les points de mesure entre les billes servent à évaluer le relief de la surface sur laquelle sont montées les billes. Cette surface est soustraite de chacune des quatre images de façon à mesurer des variations de hauteur moins importantes, ce qui

15 augmente la précision de la méthode. L'addition de deux des images décalées de 180 degrés l'une de l'autre permet d'obtenir une image des billes sans franges. Selon la présente méthode, il est possible d'éliminer un point sur les quatre sans compromettre la validité des résultats.

TITRE DE L'INVENTION

MÉTHODE ET SYSTÈME DE MESURE DE LA
HAUTEUR DES BILLES DE SOUDURE D'UN CIRCUIT IMPRIMÉ

5

DESCRIPTION DE L'ART ANTÉRIEUR

L'utilisation de méthodes interférométriques pour
mesurer le relief d'un objet est généralement connue. Ces méthodes
10 consistent premièrement à obtenir un patron d'interférence à partir de
l'objet à mesurer, puis à analyser l'image interférométrique (ou
interférogramme) obtenue pour en déduire le relief (la hauteur en chaque
point) de l'objet. L'image interférométrique est composée de franges
consécutives noires et blanches.

15

Les méthodes d'interférométrie qui nécessitent
l'utilisation d'un laser sont dites classiques. La période des
interférogrammes obtenues grâce à une méthode classique est
déterminée par la longueur d'onde du laser et par la configuration
20 générale du montage. Ainsi, en utilisant l'interférométrie dans le spectre
du visible, on peut observer des variations de hauteur de l'ordre de 0.5
 μm . Une variation de hauteur plus importante aura toutefois comme
conséquence que la densité des franges blanches et noires augmentera,
rendant difficile l'analyse de l'interférogramme. Les méthodes classiques
25 nécessitent également des montages particulièrement sensibles aux
bruits et aux vibrations.

Les méthodes interférométriques classiques peuvent donc difficilement être utilisées pour inspecter les variations de hauteurs plus importantes. Ce sont des méthodes de mesure précises mais ayant des plages de mesure restreintes.

5

Des méthodes basées sur l'interférométrie de Moiré permettent de mesurer le relief d'un objet en utilisant de la lumière blanche.

10

Plus précisément, les méthodes basées sur l'interférométrie de Moiré consistent à analyser les battements de fréquences obtenus soit, 1) entre une grille placée au-dessus de l'objet et l'ombre qu'elle projette ("shadow Moiré technique"), ou soit 2) entre la projection d'une grille sur l'objet et une autre grille placée entre l'objet et la caméra servant à prendre l' image des franges résultantes ("projected Moiré technique").

15

Les franges noires et blanches sont issues dans les deux cas du battement des fréquences de deux grilles. Dans le premier cas ("shadow Moiré technique"), la grille est placée près de l'objet à mesurer. En assurant un éclairage à angle, une caméra placée verticalement prend une image des battements entre la grille et son ombre. Puisque la distance entre la grille et l'ombre change, les variations de hauteurs se traduisent par des variations dans le patron d'interférence de l'objet. On peut donc mesurer et quantifier cette variation et obtenir ainsi la hauteur de l'objet aux différents points inspectés.

20

25

La technique "projected Moiré" est similaire à la précédente. La grille placée entre la caméra et l'objet joue un rôle analogue à l'ombre de la grille dans la première méthode.

5

L'utilisation d'une configuration de "shadow Moiré" nécessite le placement de la grille très près de l'objet, ce qui amène des restrictions pour le montage mécanique, tandis que la méthode "projected Moiré" nécessite l'utilisation de deux grilles, amenant ainsi plus d'ajustements lors des mesures. De plus, dans ce dernier cas, la deuxième grille obstrue la caméra, rendant celle-ci non disponible pour d'autres mesures simultanées avec la même caméra.

10

Une méthode et un système de mesure de la hauteur des billes de soudure d'un circuit imprimé, libérés des inconvénients décrits précédemment, sont donc souhaitables.

15

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

20

Nous allons premièrement décrire brièvement un système de mesure de la hauteur des billes de soudure selon une concrétisation préférentielle de la présente invention.

25

Le système comprend une unité d'acquisition d'images ainsi qu'une unité de traitement de ces images sous la forme d'un ordinateur.

L'unité d'acquisition d'images est relié à l'ordinateur par des moyens de connexion conventionnel. L'unité d'acquisition d'image
5 inclue une caméra CCD, une grille pour projection, ainsi que des moyens de support permettant de placer le circuit imprimé, la caméra et la grille de manière à créer une image semblable à celle d'un interférogramme, mais créée par la déformation de la grille projetée sur les billes du circuit imprimé, et à prendre des images de cet "interférogramme".

10

Les moyens de support comprennent également un dispositif permettant de déplacer la grille à des positions connues.

L'ordinateur permet, entre autres, de contrôler le
15 déplacement de la grille, préférentiellement de traiter les images prises par la caméra, et d'analyser ces images de manière à calculer la hauteur des billes en plusieurs points.

La configuration de la caméra et de la grille ne
20 correspond plus à celle d'une méthode basée sur l'interférométrie de Moiré conventionnelle, car on ne mesure plus de battements de fréquences entre deux grilles, ni entre une grille et son ombre, puisqu'une seule grille est utilisée. L'interférogramme est simulé en faisant la projection simple sous l'angle.

25

Nous allons maintenant décrire en détails une méthode de mesure de la hauteur de billes de soudure selon une concrétisation préférentielle de la présente invention.

5 Décrite généralement, la méthode selon cette concrétisation préférentielle consiste à projeter une seule grille sur l'objet à mesurer et à prendre des images de l'objet correspondant à des décalages spatiales de la grille. Ces décalages sont choisis de façon à obtenir des images déphasées l'une par rapport à l'autre.

10

 La méthode de la triangulation avec la lumière blanche est utilisée. L'image de la grille projetée sur l'objet a la même forme que l'interférogramme, puisque la période de l'interférogramme est liée par triangulation simple à la période de la grille. L'image résultante n'est pas
15 différente d'une image interférométrique obtenue par interférométrie de Moiré ("shadow" ou "projected").

20

 La méthode de mesure de la hauteur des billes de soudure selon la présente invention permet de traiter des interférogrammes obtenus soit par une méthode classique ou d'après une des méthodes de Moiré.

25

 Le relief de l'image interférométrique peut être décrit par l'équation suivante:

$$I(x,y)=A(x,y)+B(x,y)*\cos(F(x,y)) \quad (1)$$

La hauteur peut être déduite de la variation de la phase $F(x,y)$ de l'interférogramme pour tous les points (x,y) sur la surface d'intérêt du circuit imprimé.

5 Puisque l'équation (1) précédente comprend 3 inconnus, soit A, B et F, il faut donc trois images (et donc trois valeurs pour chaque point de coordonnée sur la surface) pour déterminer la variation de phase $F(x,y)$.

10 Les trois images sont enregistrées suite à des légers déplacements de la grille. Les déplacements sont choisis de façon à produire des déphasages d'images connus F_1 , F_2 et F_3 . Il en résulte les trois équations suivantes:

$$\begin{aligned} 15 \quad I_1(x,y) &= A(x,y) + B(x,y) * \cos(F(x,y) + F_1) \\ I_2(x,y) &= A(x,y) + B(x,y) * \cos(F(x,y) + F_2) \\ I_3(x,y) &= A(x,y) + B(x,y) * \cos(F(x,y) + F_3) \end{aligned}$$

20 On enregistre donc l'intensité de chacun des pixels de coordonnées (x,y) pour chacune des trois images I_1 , I_2 et I_3 . En résolvant ce dernier système d'équations, on obtient la phase $F(x,y)$ pour chacun des points de l'image. Il apparaîtra évident à l'homme de métier, que les valeurs F_1 , F_2 et F_3 doivent être différentes.

25 Une des caractéristiques de la présente invention consiste à acquérir quatre images correspondant à des décalages de

phase successifs de 90 degrés. Ce choix présente deux avantages principales.

Le fait de choisir des images décalées de 90 degrés
5 permet de reconstruire une image 2D (équivalent à un éclairage sans
présence de la grille) par une simple addition de deux images décalées
l'une par rapport à l'autre de 180 degrés. L'image 2D ainsi reconstruite
est une image de la pièce sans grille. Cette image peut être
préférentiellement utilisée pour effectuer une détection préliminaire des
10 billes de soudure sur le substrat pour simplifier et accélérer l'analyse de
l'interférogramme.

Le deuxième avantage découle de la prise de quatre
points. En effet, il est possible d'éliminer un des quatre points
15 correspondant à chacun des pixels d'images. Ainsi, si un des quatre
points est bruité (causé, par exemple, par une saturation d'image), celui-
ci peut être éliminé sans compromettre la validité des résultats.

Si tous les points sont valides, on peut également
20 calculer la phase en utilisant, par exemple, les trois premiers, puis en
utilisant les trois derniers points et faire la moyenne des deux résultats.

Nous croyons qu'il apparaîtra évident à l'homme ayant
des connaissances adéquates dans l'art que plus de quatre points
25 peuvent être utilisés tout en restant dans l'esprit de la présente invention.

Nous allons maintenant décrire un second aspect de la méthode de mesure de la hauteur des billes de soudure.

L'une des étapes de la présente méthode est d'effectuer un "unwrapping" (ou "déphasage"). Cette étape consiste à s'assurer que les valeurs mesurées sont toutes dans un intervalle de phase de 0 à 360 degrés, puisque, par exemple, il n'y a pas de différence entre les phases 90 et 450 degrés. Cette procédure n'est pas évidente lorsque les objets à mesurer comporte d'importantes discontinuités ou lorsque la surface sur laquelle se trouve les billes présente elle-même des variations de hauteur.

Une façon connue d'éviter le "unwrapping" est d'utiliser une grille dont le pas est suffisamment grand pour que toutes les variations en hauteur soient à l'intérieur d'un seul ordre (phase entre 0 et 360 degrés). Si, par exemple, le circuit imprimé est penché par rapport au système d'acquisition de données, il faut agrandir l'ordre en prenant une grille dont le pas est supérieur. Ceci permet de contenir les variations de hauteur de la pièce, de même que la différence de hauteur générée, par exemple, par le mauvais positionnement du circuit imprimé. Le désavantage de cette procédure est la diminution de la précision lorsque le pas de la grille augmente. La méthode de mesure de la hauteur de billes de soudure selon la présente invention permet de surmonter ce problème.

25

La solution à ce problème est d'utiliser comme référence le relief de la surface sur laquelle sont fixées les billes de soudure et à

soustraire la phase de cette référence. Puisque la surface est généralement lisse, elle peut être traitée plus facilement que les billes. Cette référence peut provenir de mesure de la surface d'une pièce idéale ou bien d'un modèle informatique généré à partir, par exemple, d'un
5 fichier CAD (Computer Assisted Design). Il est également possible de se servir des points de mesure correspondant aux interstices entre les billes et d'interpoler entre ces points pour obtenir la surface de référence.

Puisque la surface de référence est relativement près
10 des billes des soudures, les variations de hauteur mesurées seront moins importantes après soustraction de cette surface. On peut donc utiliser une grille avec un pas plus petit (ordre plus petit) et ainsi augmenter la précision de l'inspection.

Il est à noter que, bien que les concrétisations décrites
15 précédemment servent à mesurer la hauteur de billes de soudures sur un circuit imprimé, une personne ayant des connaissances adéquates dans l'art pourrait modifier le système et la méthode décrits précédemment pour mesurer le relief de d'autres objets, et ce, tout en restant dans
20 l'esprit de la présente invention.

Il va de soi que la présente invention fut décrite à titre
purement indicatif et qu'elle peut recevoir plusieurs autres aménagements et variantes sans pour autant dépasser le cadre de la présente invention
25 tel que délimité par les revendications qui suivent.